

Perencanaan Kebutuhan Distribusi Sekunder Perumahan RSS Manulai II

Evtaleny R. Mauboy dan Wellem F. Galla
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana
Jalan Adi Sucipto Penfui Kupang, Nusa Tenggara Timur
email: rollanboy@yahoo.com

Abstrak—Perencanaan kebutuhan jaringan distribusi sekunder untuk sebuah kompleks perumahan adalah penting dengan memperhatikan beban perumahan, merencanakan jaringan distribusi, memilih jenis penghantar sesuai kebutuhan dan menentukan kapasitas transformator yang dibutuhkan. Dalam perencanaan ini, Perumahan RSS Manulai II merupakan jenis beban rumah tangga sangat sederhana. Perumahan ini dibagi menjadi dua area beban transformator yaitu A dan B. Jenis penghantar yang digunakan yaitu Twisted Cable NFA2X dengan ukuran 3x70mm; 3x35mm; 4x25mm; dan 2x10mm. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa losses dan jatuh tegangan pada jaringan masih dalam batas toleransi. Kapasitas transformator yang dibutuhkan untuk area transformator A sebesar 50 kVA, area transformator B sebesar 25kVA.

Kata Kunci. *Distribusi sekunder, penghantar, kapasitas transformator*

Abstract— *Planning of secondary distribution for residence is important that should consider the load, plan the distribution network, choose the conductor and determine the transformer capacity needed. In this planning, Manulai II Resident is counted as simple household that the transformer is divided into two different areas A and B. Twisted Cable NFA2X size 3x70mm; 3x35mm; 4x25mm; and 2x10mm are used. The research shows that losses and voltage drop are still in tolerance limit and the capacity needed for area A is 50 kVA and 25 kVA for area B.*

Keywords. *Secunder distribution, conductor, transformer capacity*

I. INTRODUKSI

Terdapat empat bagian penting dalam Sistem Tenaga Listrik yaitu pembangkitan, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban. Saluran transmisi bertujuan agar mendekatkan jaringan listrik ke pusat-pusat beban setelah itu tenaga listrik tersebut didistribusikan melalui distribusi primer dan sekunder. Pada sistem ditribusi dibagi menjadi dua bagian yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer meliputi jaringan tegangan menengah sedangkan distribusi sekunder meliputi jaringan tegangan rendah [1]. Untuk merencanakan suatu jaringan distribusi primer maupun distribusi sekunder harus memenuhi standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik [7].

Jaringan distribusi sekunder sangatlah penting guna memberikan suplai daya listrik pada konsumen dengan tepat serta menjamin kelangsungan penyaluran atau pelayanan dengan mutu tegangan dan frekuensi yang stabil, serta aman bagi masyarakat, konsumen dan lingkungannya. Perumahan RSS Manulai II direncanakan memiliki area yang sangat luas dengan jumlah rumah tinggal sebanyak kurang lebih 567 rumah sangat sederhana. Dengan kondisi ini dibutuhkan perhitungan dan perencanaan jaringan distribusi sekunder dan kapasitas transformator sehingga pelayanan suplai listrik ke perumahan ini tidak mengalami gangguan di kemudian hari. Diperlukan juga jaringan tegangan rendah dan

transformator distribusi yang sesuai perencanaan yang baik untuk melayani beban pada perumahan tersebut.

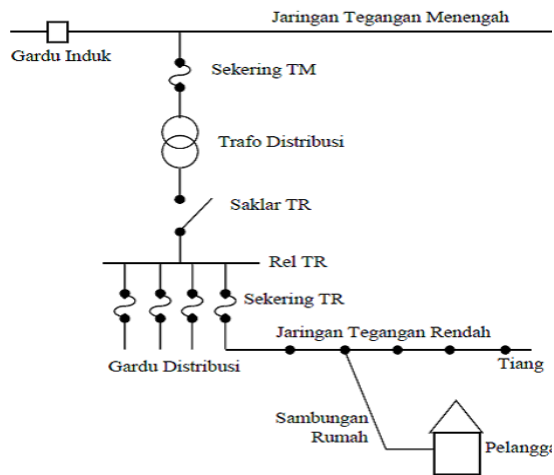
II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 1 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu induk, transformator sampai pada pemakai akhir atau konsumen. Sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (transformator distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus diperhatikan.[2]

B. Transformator Distribusi

Fungsi Transformator distribusi adalah menurunkan level tegangan menengah ke tegangan rendah untuk kebutuhan distribusi ke perumahan atau level tegangan rendah. Sebagaimana halnya dengan komponen-komponen lain dari rangkaian distribusi, terdapat rugi-rugi energi dan jatuhnya tegangan yang disebabkan arus listrik yang mengalir menuju beban. Oleh karena itu perlu dilakukan penentuan untuk pemilihan kapasitas transformator dan lokasinya



Gambar 1. Hubungan tegangan menengah ke tegangan rendah dan konsumen [8]

Dalam menentukan kapasitas transformator ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu mulai dari karakteristik beban dan berdasarkan penggolongan tarif dasar listrik [4]. Langkah – langkah untuk menentukan kapasitas transformator dimulai dari beban maksimum sampai pada penentuan besar kapasitas transformator yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1) Menentukan Beban Perumahan

- Perencanaan daya untuk setiap rumah
- Daya beban maksimum masing – masing circuit

$$S = V \times I \times (\text{banyak rumah}) \quad (1)$$

dimana :

S = Daya Beban Maksimum (VA)

V = Tegangan Phasa ke Netral (Volt)

I = arus (Ampere)

2) Merencanakan Jaringan Distribusi Sekunder

- Pembagian area beban trafo dan lintasan circuit.

3) Menghitung Arus Beban Maksimum

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \times (V_{LL})} \quad (2)$$

dimana :

I_L = Arus Beban Maksimum (A)

S = daya beban maksimum VA

V_{LL} = tegangan antar phasa (Volt)

4) Menghitung Panjang Penghantar dan Menentukan Penghantar

Penghantar yang digunakan pada instalasi listrik pada umumnya digunakan bahan tembaga dan aluminium. Untuk penghantar tembaga kemurniannya minimal 99,9%. Tahanan jenis yang disyaratkan tidak melebihi 0,017241 ohm mm²/m pada suhu 20° C [6]. Untuk distribusi sekunder biasanya digunakan Twisted Cable tersedia ukuran; 3x25,

1x25; 3x35 + 1x25; 3x50 + 1x35; dan 3x70 + 1x50; 2x25 + 1x25; 2x35 + 1x25; 2x50 + 1x35; mm². Dari ukuran yang tersedia tersebut akan dipilih sesuai dengan arus beban maksimum dan kuat hantar arus. Pada umumnya PT PLN Distribusi Kupang, menggunakan SUTR dengan isolasi (kabel pilin), dengan inti aluminium [9].

- Panjang penghantar : jarak gawang + 2%.
- Menentukan penghantar :
 - Arus beban maksimum (Memperhatikan KHA)
 - Losses pada penghantar

$$Losses = I^2 R \quad (4)$$

dimana :

I = Arus (A)

R = Resistansi penghantar (ohm/Km)

- Jatuh tegangan pada ujung jaringan

$$V_D = I(R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (5)$$

dimana:

V_D = Tegangan Jatuh (Volt)

I = Arus Saluran (Ampere)

R = Resistansi Penghantar (Ohm/km)

X = Reaktansi Penghantar (Ohm/km)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

5) Menentukan Kapasitas Transformator

Menentukan beban rata-rata

$$\text{Beban Rata – Rata} = L_F \times \text{Beban Maksimum} \quad (6)$$

dimana :

L_F = load factor (faktor beban)

- Menentukan faktor kebutuhan

$$D_F = \frac{\text{Kebutuhan beban maksimum}}{\text{Jumlah daya yang tersedia (kontrak)}} \quad (7)$$

- Menentukan faktor ketidakserempakan
- Menentukan kapasitas transformator :

$$= \frac{\text{Jumlah rumah} \times \text{daya terpasang} \times \text{demand factor}}{\text{diversity factor}} \quad (8)$$

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Perumahan RSS Manulai II dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

A. Menentukan Beban Perumahan

- Perencanaan daya untuk setiap rumah
- Daya beban maksimum masing – masing circuit (1)

B. Merencanakan Jaringan Distribusi Sekunder

- Pembagian area beban trafo dan lintasan circuit.

TABEL I
ARUS BEBAN MAKSIMUM UNTUK AREA TRAFO A

No	Circuit	Panjang (m)	Jumlah Rumah				Daya Beban Max (VA)	Arus (A)
			R	S	T	Total		
1	A1-A12	306	21	18	17	56	24640	37,437
2	A1 - A2	102	4	6	4	14	6160	175,818
3	A2 - A3	102	6	8	8	22	9680	120,332
4	A2 - A21	204	20	24	25	69	30360	46,127
5	A3 - A32	357	33	29	30	92	40480	61,503
6	A3 - A34	153	24	22	20	66	29040	44,122
Total		1224	108	107	104	319	140360	

TABEL II
ARUS BEBAN MAKSIMUM UNTUK AREA TRAFO B

No	Circuit	Panjang (m)	Jumlah Rumah				Daya Beban Max (VA)	Arus (A)
			R	S	T	Total		
1	B - B1	204	9	9	6	24	10560	16,044
2	B1 - B2	51	5	4	4	13	5720	24,735
3	B1-B11	357	28	28	28	84	36960	56,155
4	B2-B21	255	16	16	16	48	21120	32,089
5	B2 - B3	102	6	4	4	14	6160	52,812
6	B3-B31	204	7	8	8	23	10120	15,376
7	B3-B32	102	10	8	8	26	11440	28,077
8	B32-B33	51	2	3	3	8	3520	5,348
9	B32 - B34	51	2	3	3	8	3520	5,348
Total		1377	85	83	80	248	109120	

C. Menghitung Arus Beban Maksimum (2)

D. Menghitung Panjang Penghantar (3) dan Menentukan Penghantar (4) dan (5).

E. Menentukan Kapasitas Transformator

- Beban rata-rata (6)
- Menentukan faktor kebutuhan (7)
- Menentukan kapasitas transformator (8)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perumahan RSS manulai II memiliki luas area 177.300 m². Direncanakan jumlah rumah pada perumahan RSS Manulai II yaitu 569 unit sesuai peta penyebaran rumah (Gambar 2) dan tipe rumah pada perumahan Manulai II yaitu tipe 24 m². Pada perumahan RSS Manulai II setiap rumah direncanakan mendapat daya sebesar 450 VA karena perumahan ini merupakan jenis beban untuk keperluan rumah tangga kecil (R-1/TR). Sesuai dengan Gambar 2 maka ditentukan menggunakan dua transformator distribusi sehingga setiap lintasan memiliki jumlah beban yang berbeda tergantung dari sambungan langsung pelanggan.

Daya beban maksimum pada suatu lintasan diperoleh dari persamaan (2). Misalnya pada circuit A1-A12,

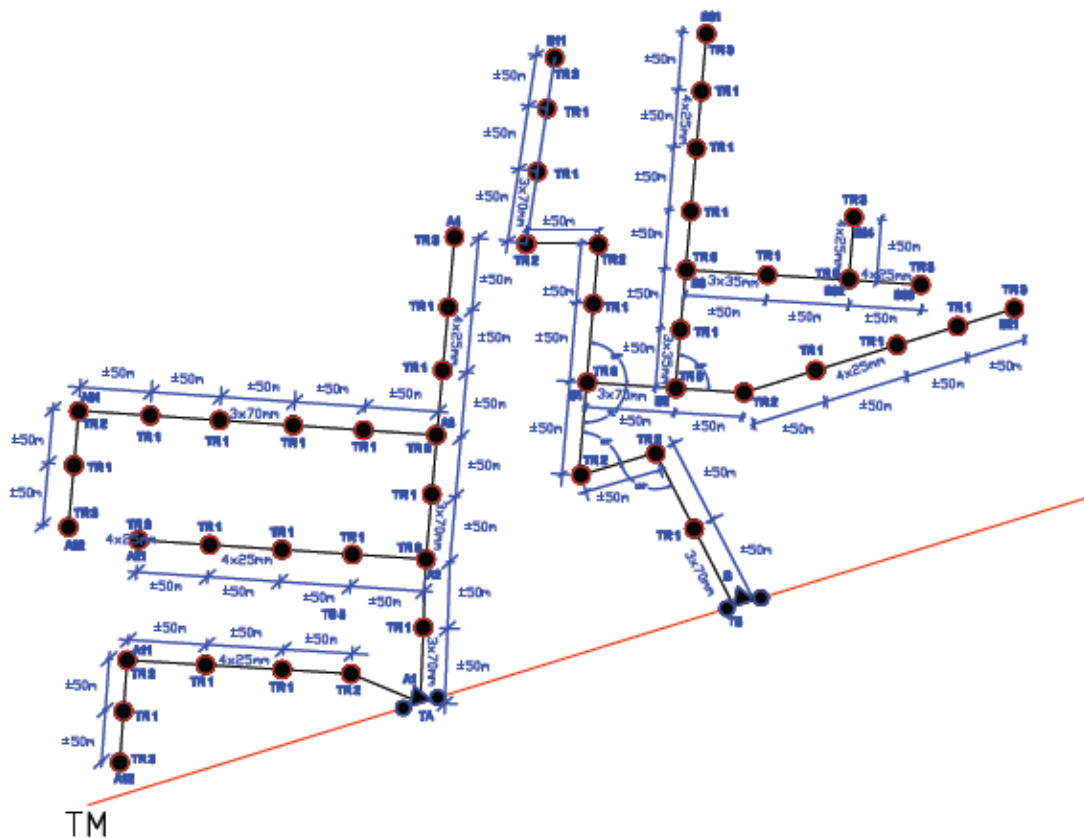
memiliki jumlah rumah yaitu 56 unit (Tabel 1) dengan masing-masing rumah memiliki arus sebesar 2 A, maka daya pada lintasan A1-A12 yaitu 24640 VA.

Arus beban maksimum yang mengalir pada satu lintasan dapat diperoleh dari (2). Misalnya pada circuit A1-A12, diketahui tegangan antar fasa adalah 380 V dengan daya beban maksimum sebesar 24640 VA, maka diperoleh arus beban maksimum yaitu 37,437 A.

Selanjutnya untuk menentukan panjang penghantar digunakan (3) dimana untuk jarak satu gawang direncanakan panjangnya 50 meter. Untuk mendapatkan panjang penghantar maka jarak gawang ditambah dengan andongan sebesar 2%. Panjang andongan 2% dari 50 meter yaitu 1 meter maka, Panjang Penghantar satu gawang yaitu 51 meter.

Pada Tabel 3, area trafo A dengan total gawang (span) yaitu 24 gawang, maka total panjang penghantar yaitu 1224 meter atau 1,224 kms, sedangkan pada Tabel 4, trafo B dengan total gawang (span) yaitu 27 gawang, maka total panjang penghantar yaitu 1377 meter atau 1,377 km.

Pemilihan penghantar berdasarkan arus beban maksimum yang mengalir dan losses pada penghantar serta jatuh tegangan pada ujung saluran. Tabel 5 menunjukkan misalnya pada circuit A1-A12 arus beban maksimum sebesar 37,437 A dan lossesnya sebesar



Gambar 2. Peta jaringan distribusi sekunder [3]

610,278 W serta jatuh tegangan sebesar 14,3758, maka dipilih penghantar NFA2X 4 x 25 mm² dengan resistansi sebesar 1,4230 Ohm/km dan KHA sebesar 100 A. Jika menggunakan penghantar yang luas penampangnya lebih besar, misalnya NFA2X 3 x 35 mm² dengan resistansi sebesar 1,016 dan KHA sebesar 125 A, maka losses pada saat arus beban maksimum dan jatuh tegangan tidak terlalu jauh berbeda yaitu 435,730 W dan 10,425 V dibandingkan dengan menggunakan penghantar NFA2X 4 x 25 mm², oleh sebab itu lebih efektif dipilih penghantar NFA2X 4 x 25 mm². Keseluruhan pemilihan penghantar dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 .

Losses yang terjadi pada suatu penghantar misalnya penghantar yang digunakan pada circuit A1-A12 dengan

panjang penghantar yaitu 306 meter dengan resistansi penghantar sebesar 1,423 Ohm/km dengan menggunakan (4) diperoleh 610,266 W. Keseluruhan perhitungan losses dan jatuh tegangan untuk area trafo A dan trafo B ditunjukkan dalam Tabel 7 sampai dengan Tabel 12.

Untuk menentukan kapasitas transformator masing-masing maka digunakan (7) dan (8). Pada trafo A sebanyak 317 unit, masing-masing unit memerlukan daya 450 VA. Diversity Factor normalnya 3,5 – 5, diambil 3,5 karena jenis beban adalah jenis beban rumah tangga kecil [5].

TABEL III
PANJANG PENGHANTAR TRAFO A

No	Circuit	Gawang	Panjang (m)
1	A1-A12	6	306
2	A1 - A2	2	102
3	A2 - A3	2	102
4	A2 - A21	4	204
5	A3 - A32	7	357
6	A3 - A34	3	153
Total		24	1224

TABEL IV
PANJANG PENGHANTAR TRAFO B

No	Circuit	Gawang	Panjang (m)
1	B - B1	4	204
2	B1 - B2	1	51
3	B1 - B11	7	357
4	B2 - B21	5	255
5	B2 - B3	2	102
6	B3 - B31	4	204
7	B3 - B32	2	102
8	B32 - B33	1	51
9	B32 - B34	1	51
Total		27	1377

TABEL V
JENIS PENGHANTAR UNTUK AREA TRAFO A

No	Circuit	Arus (A)	Penghantar		
			Ukuran (mm ²)	Resistansi (ohm/km)	KHA (A)
1	A1-A12	37,437	4x25	1,016	100
2	A1 - A2	175,818	3x70	0,5096	185
3	A2 - A3	120,332	3x70	0,5096	185
4	A2 A21	46,127	4x25	1,423	100
5	A3 - A32	61,503	3x70	0,5096	185
6	A3- A34	44,122	4x25	1,423	100

TABEL VI
JENIS PENGHANTAR UNTUK AREA TRAFO B

No	Circuit	Arus (A)	Penghantar		
			Ukuran (mm ²)	Resistansi (ohm/km)	KHA (A)
1	B - B1	165,791	3x70	0,5096	185
2	B1 - B2	93,592	3x70	0,5096	185
3	B1- B11	56,155	3x70	0,5096	185
4	B2- B21	32,089	4x25	1,423	100
5	B2 - B3	52,812	3x70	0,5096	185
6	B3- B31	15,376	4x25	1,423	100
7	B3- B32	28,077	3x70	0,5096	185
8	B32-B33	5,348	4x25	1,423	100
9	B32- B34	5,348	4x25	1,423	100

Faktor Keserempakan (Diversity Factor) dipengaruhi oleh pemakaian beban secara serentak atau bersamaan. Load Factor pada sistem sebesar 0,7 [9]. Dengan menggunakan (6) dapat diperoleh beban rata – rata yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Beban Rata – Rata} &= \text{Load Factor} \times \text{Beban Maksimum} \\ &= 0,7 \times 140,360 \\ &= 98,252 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Untuk menentukan faktor kebutuhan (7) dengan beban rata – rata sebesar 98,252 kVA dan Jumlah daya (kontrak) sebesar 143,550 kVA, maka diperoleh :

$$DF = \frac{98,252}{143,550} = 0,68$$

Jadi faktor kebutuhan sebesar 0,68.

Sehingga kapasitas transformator A diperoleh dari (8) :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah rumah} \times \text{daya terpasang} \times \text{demand factor}}{\text{diversity factor}} \\ &= \frac{319 \times 450 \times 0,68}{3,5} \\ &= 27889 \text{ VA} \\ &= 27,889 \text{ kVA} \approx 50 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas transformator A = 50 kVA dan dengan cara yang sama diperoleh kapasitas transformator B yaitu 25 kVA.

V. KESIMPULAN

1. Arus beban maksimum yang mengalir pada area transformator A yang terbesar yaitu pada circuit A1-A2 sebesar 175,878 Ampere, sedangkan pada area transformator B arus beban maksimum terbesar yang mengalir yaitu pada circuit B-B1 sebesar 165,791 Ampere.
2. Panjang jaringan pada area transformator A yaitu 1224 meter, sedangkan pada transformator B yaitu 1377 meter. Jenis Penghantar yang digunakan yaitu Twisted Cable NFA2X 3x70mm, 3x35mm, 4x25mm dan 2x10mm. Pemilihan penghantar berdasarkan arus beban maksimum yang mengalir dan losses pada penghantar serta jatuh tegangan pada ujung saluran.
3. Losses pada area transformator A sebesar 4524,815 Watt sedangkan losses pada area transformator B sebesar 1248,714 Watt. Jatuh tegangan pada ujung jaringan area transformator A yang terbesar yaitu pada ujung jaringan A32 sebesar 25,3445 Volt atau sebesar 6,7 %. Jatuh tegangan untuk area transformator B yang terbesar yaitu pada ujung jaringan B31 sebesar 28,2175 Volt atau sebesar 7,4 %.
4. Pada perumahan RSS Manulai II untuk area transformator A kapasitas transformator distribusinya yaitu 50 kVA sedangkan untuk area transformator B kapasitas transformator distribusinya yaitu 25 kVA. Pemilihan kapasitas transformator berdasarkan keserempakan pemakaian beban listrik dan faktor kebutuhan energi listrik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Gonen, Electric Power Distribution System Engineering, McGraw – Hill, United States of America, 1987.
- [2] H. Basri, Sistem distribusi daya listrik, Balai Penerbit dan Humas ISTN, Jakarta Selatan, 2003.
- [3] Fry Sun, Perencanaan jaringan distribusi sekunder dan kapasitas transformator untuk perumahan RSS Manulai II, Undana. 2011
- [4] Suhadi dkk, Teknik distribusi tenaga listrik Jilid 1, Dirjen Dikdasmen Depdikbud, Jakarta. 2008
- [5] Suhadi dkk, Teknik distribusi tenaga listrik Jilid 2, Dirjen Dikdasmen Depdikbud, Jakarta. 2008.
- [6] f.Ssuryatmo, Teknik listrik instalasi penerangan, PT. Rineka Cipta, Jakarta, 2004.
- [7] SNI 04-0225-2000: Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000), Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2000.
- [8] _____, Materi Prajabatan PT. PLN (Persero), Pandaan, 2008.
- [9] _____, Data Beban Trafo Daya dan Penghantar Jaringan Distribusi, PT PLN (Persero) Wilayah Cabang Kupang, Kupang, 2011.

TABEL VII
LOSSES JARINGAN DISTRIBUSI AREA TRAFO A

No	Circuit	Panjang (m)	Arus (A)	Penghantar			Losses
				Ukuran (mm ²)	Resistansi (ohm/km)	KHA (A)	
1	A1-A12	306	37,437	4x25	1,016	100	435,721
2	A1- A2	102	175,818	3x70	0,5096	185	1606,786
3	A2- A3	102	120,332	3x70	0,5096	185	752,647
4	A2-A21	204	46,127	4x25	1,423	100	617,661
5	A3 -A32	357	61,503	3x70	0,5096	185	688,161
6	A3- A34	153	44,122	4x25	1,423	100	423,839
Total		1224					4524,815

TABEL VIII
LOSSES JARINGAN DISTRIBUSI AREA TTRAFO B

No	Circuit	Panjang (m)	Arus (A)	Penghantar			Losses
				Ukuran (mm ²)	Resistansi (ohm/km)	KHA (A)	
1	B - B1	204	165,791	3x70	0,5096	185	2857,458
2	B1 - B2	51	93,592	3x70	0,5096	185	227,653
3	B1 - B11	357	56,155	3x70	0,5096	185	573,684
4	B2 - B21	255	32,089	4x25	1,423	100	373,632
5	B2 - B3	102	52,812	3x70	0,5096	185	144,978
6	B3 - B31	204	15,376	4x25	1,423	100	68,629
7	B3 - B32	102	28,077	3x70	0,5096	185	40,977
8	B32 - B33	51	5,348	4x25	1,423	100	2,076
Total		1377					4291,163

TABEL IX
JATUH TEGANGAN CIRCUIT AREA TRAFO A

No	Circuit	Panjang (m)	Arus(A)	Resistansi (R)	Reaktansi (X)	Voltage Drop (V)	Voltage Drop (%)
1	A1- A12	306	37,437	1,4230	0,0864	14,846	3,907
2	A1 - A2	102	175,818	0,5096	0,0782	9,170	2,413
3	A2 - A3	102	120,332	0,5096	0,0782	6,276	1,652
4	A1 - A21	204	46,127	1,4230	0,0864	12,195	3,209
5	A3 - A32	357	61,503	0,5096	0,0782	11,228	2,955
6	A3 - A34	153	44,122	1,4230	0,0864	8,748	2,302

TABEL X
JATUH TEGANGAN PADA UJUNG JARINGAN TRAFO A

No	Ujung Jaringan	Long (m)	Voltage Drop (V)	Voltage Drop (%)
1	A12	306	14,7839	3,9
2	A21	306	20,8664	5,5
3	A32	561	25,3445	6,7
4	A34	357	23,4122	6,2

TABEL XI
JATUH TEGANGAN CIRCUIT AREA TRAFO B

No	Circuit	Panjang (m)	Arus(A)	Resistansi (R)	Induktansi (X)	Voltage Drop (V)	Voltage Drop (%)
1	B - B1	204	165,791	0,5096	0,0782	17,295	4,551
2	B1 - B2	51	93,592	0,5096	0,0782	2,441	0,642
3	B1 - B11	357	56,155	1,0160	0,0830	18,977	4,994
4	B2 - B21	255	32,089	1,4230	0,0864	10,604	2,791
5	B2 - B3	102	52,812	0,5096	0,0782	2,755	0,725
6	B3 - B31	204	15,376	1,4230	0,0864	4,065	1,070
7	B3 - B32	102	28,077	0,5096	0,0782	1,464	0,385
8	B32 - B33	51	5,348	1,4230	0,0864	0,353	0,093
9	B32 - B34	51	5,348	1,4230	0,0864	0,353	0,093

TABEL XII
JATUH TEGANGAN PADA UJUNG JARINGAN TRAFO B

No	Ujung Jaringan	Long (m)	Voltage Drop (V)	Voltage Drop (%)
1	B11	561	26,3154	6,9
2	B31	561	28,2175	7,4
3	B21	510	22,9590	6,0
4	B33	510	27,3801	7,2
5	B34	510	27,5122	7,2